

9,4%, що для практики вимірювання магнітних полів є припустимим значенням.

Таким чином, аналіз отриманих теоретичних залежностей і експериментальна перевірка показують, що індукція магнітного поля на поверхні ФМТ не залежить від його діаметра і перевищує основне приблизно в 3 рази. В той же час розмір робить вплив на зміну характеру залежності розподілу магнітного поля - чим більше розмір ФМТ, тим більш плавно відбувається зміна індукції з збільшенням відстані від тіла.

Список літератури: 1. ГОСТ 13496.9-73 Комбикорма. Методы определения металломагнитной примеси. - Введ. 1999.07.01. - Офиц. изд. - К.: Изд-во Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. - II, 12 с. 2. ГОСТ 20239-74 Мука, крупы и отруби. Метод определения металломагнитной примеси. - Введ. 1999.07.01. - Офиц. изд. - К.: Изд-во Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. - II, 12 с. 3. Мещеряков И.Б. Совершенствование процесса магнитной сепарации сырья и готовой продукции комбикормового производства: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.12/ Моск. технол. ин-т пищ. пром-сти. - М., 1989. -22 с. 4. Сумцов В.Ф. Электромагнитные железоотделители. - М.: Машиностроение, 1978. - 174 с. 5. Чарыков В.И. Электромагнитные системы очистки сухих и жидких сельскохозяйственных продуктов от металлических примесей: Дис. д-ра техн. наук: 05.20.02, Челябинск, 2005, 354 с. 6. Поливанов К.М. Ферромагнетики. - Л.: Госэнергоиздат, 1957. - 256 с. 7. Круг К.А. Основы электротехники: В 2-х т. Т.1. Физические основы электротехники. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1946.- 472 с.

*Надійшла до редколегії 21.04.08*

## **УДК 621.22**

*А.М. ОНИЩЕНКО, Ю.М. ГАЛЬЦЕВ*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ГІДРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ ПРЕСУВАННЯ ЛИТТЄВОЇ МАШИНИ**

В статті наведені результати теоретичних досліджень і машинного експерименту динаміки гідроприводу машини лиття під тиском, працюючої на мінеральному маслі І-20А і синтетичній рідині П20-М3; проведено порівняння динамічних характеристик і дана рекомендація про доцільність застосування в машинах лиття під тиском робочих рідин на синтетичній основі.

При пресуванні виливок, гідропривод литтєвої машини працює в напруженому динамічному режимі. Якість перехідних процесів при цьому в значному ступені визначається конструктивними особливостями механізму пресування; процесами, що відбуваються в робочій рідині при її русі в проточній частині гідросистеми. В свою чергу характер протікання динамічних процесів визначає технологічні можливості машини лиття під тиском і впливає на якість литва. Відомо, що в більшості гідроприводів, у тому числі і

гідроприводів литтєвих машин у якості робочих рідин частіше за все застосовуються масла на мінеральній основі.

Машини лиття під тиском з гідроприводом, що працює на мінеральному маслі є об'єктом підвищеної пожежної небезпеки. У зв'язку з чим постає питання про заміну мінеральних масел на більш пожежобезпечні рідини, зокрема на робочі рідини, що мають синтетичну основу.

Проте властивості рідин на синтетичній основі, у тому числі рідина П20-М3 за деякими параметрами відрізняються від властивостей мінеральних масел. Найбільш суттєвими відмінностями, які впливають на динамічні характеристики гідроприводів є густина рідини і пружні характеристики, що визначаються її стисливістю.

У ідеальному стані, коли рідина являє собою однорідну гомогенну рідку систему, вона вважається практично нестисливою. Проте в дійсності такого стану рідин не буває. В робочій рідині гідроприводу завжди присутня деяка кількість нерозчиненого повітря, наявність якого перетворює рідину в двофазну стисливу систему. Ця система в процесі роботи гідроприводу весь час змінюється тому що в робочому режимі постійно відбуваються процеси насичення рідини повітрям (аерація) і виділення повітря із рідини (деаерація). Ці процеси визначаються конструктивними особливостями проточної частини гідроприводу, режимами його роботи і знаходяться в прямій залежності від здатності рідини до насичення повітрям і його виділенням.

Відомо, що рідина П20-М3 має високе значення тиску насичення пари при одних і тих-же умовах (тиск і температура) у порівнянні з мінеральними маслами. Тому при роботі гідроприводу на рідині П20-М3 створюються умови для інтенсифікації процесу її аерації. При цьому деаеруюча здатність рідини П20-М3 гірша ніж у мінеральних масел, тобто виділення повітря значно повільніше. Таким чином при всіх інших рівних умовах пружні властивості рідини П20-М3 такі, що в порівнянні з мінеральним маслом можуть погіршувати динамічні характеристики гідроприводу. Тому метою цього дослідження є установлення дійсних динамічних характеристик механізму пресування.

Частина гідросистеми, динамічні процеси в якій більш за все впливають на якість литва складається з циліндра пресування з мультиплікатором, агрегату уприскування і магістралей. Мультиплікатор, який вмонтовано в циліндр пресування дозволяє значно зменшити поперечні розміри пресового циліндра, знижуючи витрату робочої рідини при заповненні і гідравлічний удар. Розрахункова схема механізму пресування, що досліджується подана на рисунку 1.

Відповідно до розрахункової схеми складемо математичну модель у формі Коші.

Дана математична модель складається із рівняння зміни в часі тиску (рівняння 1-3), переміщення (рівняння 4, 5) й швидкості (рівняння 6, 7) штоків циліндрів пресування і мультиплікатора, розв'язана на ЕОМ чисельним методом Рунге-Кутта за допомогою пакета "Mathcad".

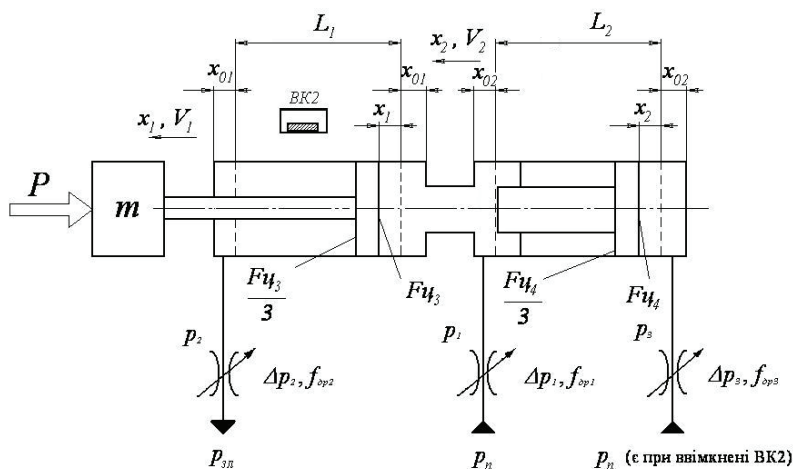


Рис. 1 – Розрахункова схема гідроприводу пресування з мультиплікатором тиску

Результати отримано у вигляді графіків , як при роботі гідроприводу на мінеральному маслі І-20А (рисунки 2-8) так і на синтетичній рідині П20-М3 (рисунки 9-15).

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{E}{(W_0 + F_{y3} \cdot x_1)} \left[ \mu \cdot f_{dp1} \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_n - \Delta p_1 - p_1|} - F_{y3} \cdot V_1 \right]; \quad (1)$$

$$\frac{dp_2}{dt} = \frac{E}{(W_{01} + \frac{F_{y3}}{3} \cdot (L_1 - x_1))} \left[ F_{y3} \cdot V_1 - \mu \cdot f_{dp2} \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_2 - \Delta p_2|} \right]; \quad (2)$$

$$\frac{dp_3}{dt} = \frac{E}{(W_{02} + F_{y4} \cdot x_2)} \left[ \mu \cdot f_{dp3} \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_n - \Delta p_3 - p_3|} - F_{y4} \cdot V_2 \right]; \quad (3)$$

$$\frac{dx_1}{dt} = V_1; \quad (4)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = V_2; \quad (5)$$

$$\frac{dV_1}{dt} = \frac{1}{m_1} \left[ \left( p_1 F_{y3} - p_2 \frac{F_{y3}}{3} - R \right) + A \left( p_3 \cdot F_{y4} - p_1 \frac{F_{y4}}{2} \right) - \beta_1 V_1 \right]; \quad (6)$$

$$\frac{dV_2}{dt} = \frac{1}{m_2} \left[ p_3 F_{y4} - p_1 \frac{F_{y4}}{2} - \beta_2 V_2 - R \right]; \quad (7)$$

де  $p_1, p_2, p_3$  – тиски у відповідних порожнинах гідроциліндра пресування з мультиплікатором,  $10^7$  МПа;  $E$  – модуль пружності робочої рідини, для мінерального масла I-20A,  $E = 1500$  МПа; для синтетичної рідини П20-МЗ,  $E = 2100$  МПа;  $W_0 = 5 \cdot W_{цi}$  – об'єм середньої порожнини подвоєного гідроциліндра,  $47,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ ;  $W_{01} = x_{01} F_{y3}$ ;  $W_{02} = x_{02} F_{y4}$  – мертві об'єми,  $9,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ ;  $\mu$  – коефіцієнт витрати, 0,65;  $\rho$  – густина робочої рідини, для мінерального масла I-20A,  $\rho = 885 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , для синтетичної рідини П20-МЗ,  $\rho = 1058 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $f_{op1}, f_{op2}, f_{op3}$  – площини щілин відповідних дроселів,  $\text{м}^2$ ;  $m_1, m_2$  – приведені маси відповідно на штоках гідроциліндра пресування – 50 кг і гідроциліндра мультиплікатора – 100 кг;  $L_1, L_2$  – довжини ходів відповідно штока гідроциліндра пресування, 0,36 м, гідроциліндра мультиплікатора – 0,15 м;  $\beta_1, \beta_2$  – коефіцієнти тертя, також відповідно 0,05 кг/с та 0,07 кг/с;  $P$  – зустрічне навантаження, 10000 Н.

### Перехідні процеси гідроциліндра пресування, працюючого на мінеральному маслі I-20A

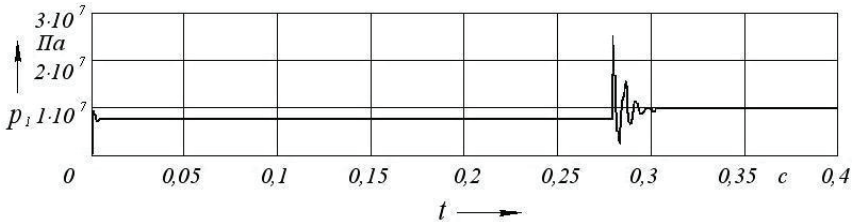


Рис. 2 – Зміна тиску в поршневій порожнині циліндра пресування  $p_1(t)$

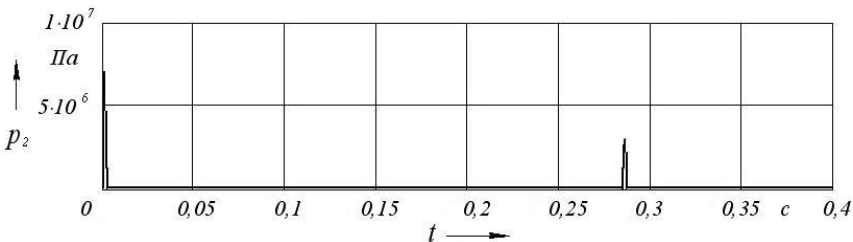


Рис. 3 – Зміна тиску в зливній порожнині циліндра пресування  $p_2(t)$

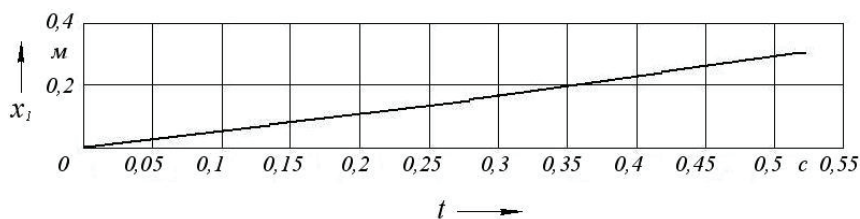


Рис. 4 – Переміщення штока циліндра пресування  $x_1(t)$

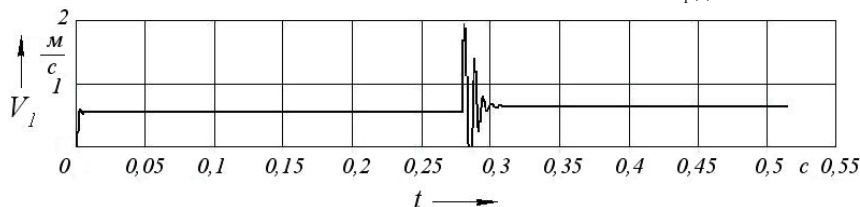


Рис. 5 – Швидкість штока циліндра пресування  $V_1(t)$

### Перехідні процеси гідроциліндра мультиплікатора тиску

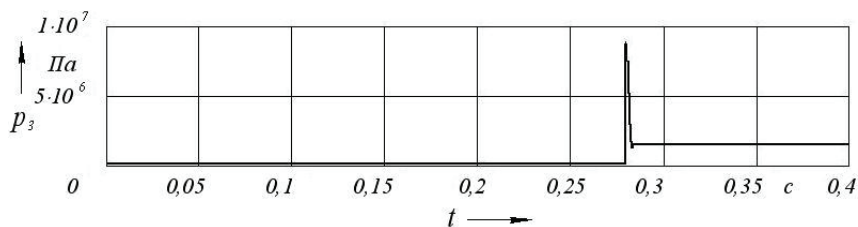


Рис. 6 – Зміна тиску в поршневій порожнині циліндра мультиплікатора  $p_3(t)$

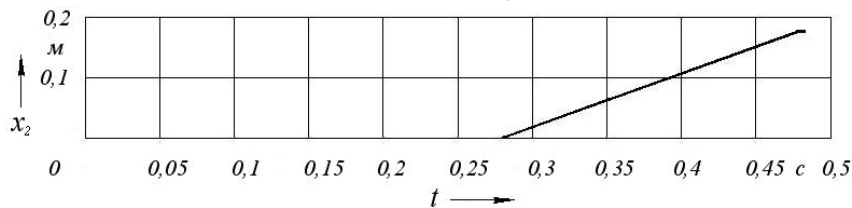


Рис. 7 – Переміщення штока циліндра мультиплікатора  $x_2(t)$

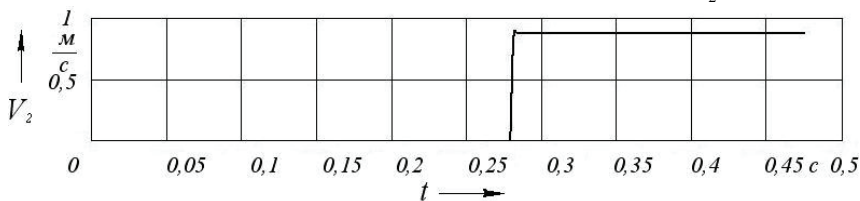


Рис. 8 – Швидкість штока циліндра мультиплікатора  $V_2(t)$

## Перехідні процеси гідроциліндра пресування працюючого на синтетичній рідині П20-М3

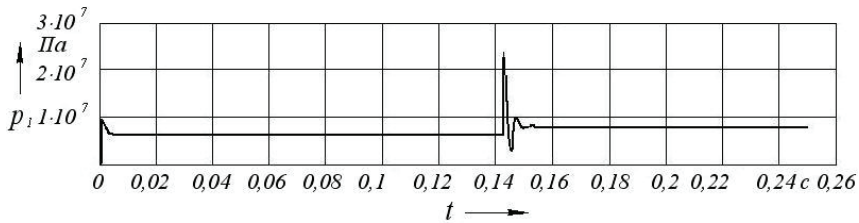


Рис. 9 – Зміна тиску в поршневій порожнині циліндра пресування  $p_1(t)$

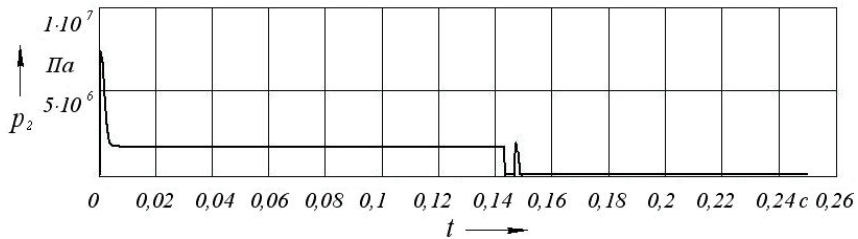


Рис. 10 – Зміна тиску в зливній порожнині циліндра пресування  $p_2(t)$

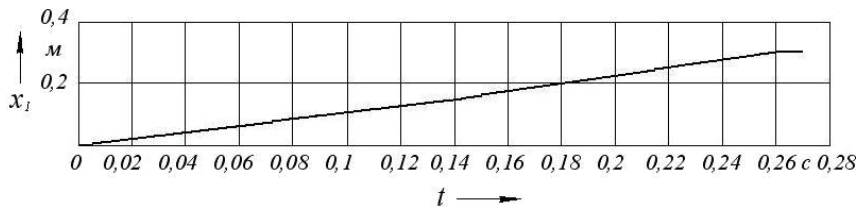


Рис. 11 – Переміщення штока циліндра пресування  $x_1(t)$

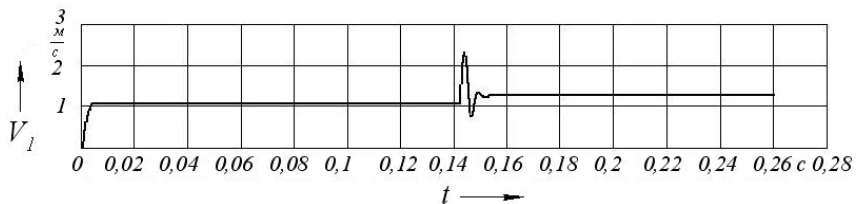


Рис. 12 – Швидкість штока циліндра пресування  $V_1(t)$

## Перехідні процеси гідроциліндра мультиплікатора тиску

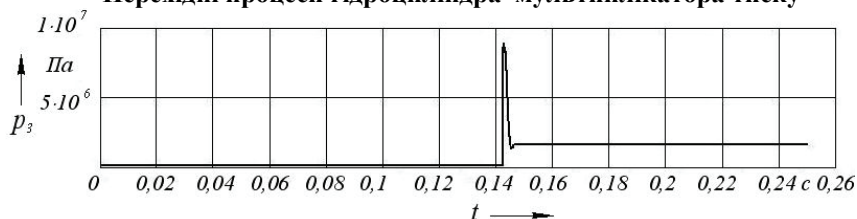


Рис. 13 – Зміна тиску в поршневій порожнині циліндра мультиплікатора  $p_3(t)$

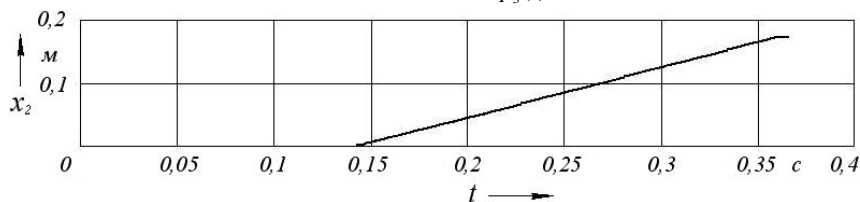


Рис. 14 – Переміщення штока циліндра мультиплікатора  $x_2(t)$

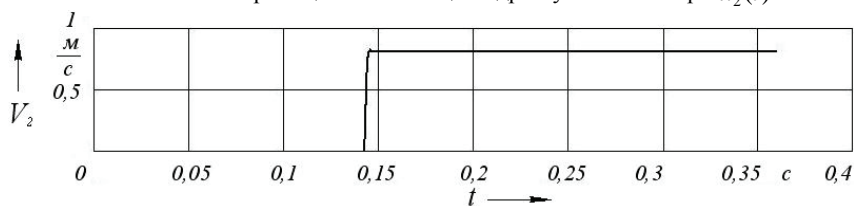


Рис. 15 – Швидкість штока циліндра мультиплікатора  $V_2(t)$

Аналіз перехідних процесів показав, що в поршневій порожнині циліндра пресування і трубопроводі при раптовій зупинці поршня (після перекриття плунжером заливного вікна) різко зростає тиск і виникає гідравлічний удар. Гідравлічний удар у даному випадку характеризується повною втратою рідиною швидкості і кінетичної енергії, тому підвищення тиску буде максимальним. В цей же час вмикається мультиплікатор і гідравлічний удар гаситься в поршневій порожнині циліндра пресування установлюється тиск підпресовки.

Ударна хвиля, що з'явилася унаслідок деформації робочої рідини, стінок труб і циліндра згасає за період  $t_{32}$ .

Інтервал часу спрацювання  $t_{cn}$  механізму пресування, що фіксується на кривій зміни тиску в робочій порожнині пресового циліндра (рис 2,9) фактично буде дорівнювати часу згасання гідравлічного удару.

При цьому слід зауважити, що час гідравлічного удару, що відбувається в гідроциліндрі механізму пресування гідроприводу, працюючому на синтетичній рідині менш ніж у гідроприводі, працюючому на мінеральному маслі, а швидкість пресування штока циліндра пресування дещо виша.

Загалом можна дійти висновку, що процеси, які відбуваються в гідроприводах литтєвих машин, працюючих як на синтетичній рідині так і на мінеральному маслі незначно відрізняються як кількісно так і якісно (див. табл.).

Таблиця – Порівняння параметрів робочих процесів гідроприводу литтєвої машини, працюючої на мінеральному маслі I-20A і на синтетичній рідині П20-М3

Робочий параметр	I-20A		П20-М3	
	До вмик. мультиплікатора	Після вмик. мультиплікатора	До вмик. мультиплікатора	Після вмик. мультиплікатора
Тиск $p_1$ , МПа	$0,8 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	$0,7 \cdot 10^7$	$0,85 \cdot 10^7$
Швидкість $V_1$ , м/с	0,6	0,7	1	1,2
Тиск $p_3$ , МПа	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$
Швидкість $V_2$ , м/с	0	0,9	0	0,8
Час спрацювання механізму пресування $t_{сп}$ , с	0,5		0,26	

Беручи до уваги наведене вище і те, що синтетична рідина П20-М3 має високий рівень пожежної безпеки, нетоксична, екологічно безпечна, має гарні антикорозійні властивості, протизноскі, антикорозійні характеристики, сумісна з основними конструкційними матеріалами, які застосовуються в гідравлічному обладнанні, а в'язкісно-температурні властивості в позитивному діапазоні температури в цілому відповідають характеристикам масел на мінеральній основі, наприклад ІГП-30 її доцільно застосовувати в гідроприводах машин лиття під тиском, які працюють при високих температурних умовах.

Список літератури: 1. Сухотин А.М. Негорючие теплосистемы и гидравлические жидкости. Ленинград.: "Химия", 1979. 2. Г.Ф. Ливада и др. Проектирование и эксплуатация литейных машин работающих на трудновоспламеняемой жидкости Промгидрол. М.:НИИТЭМР,1986. 3. Литье под давлением. Проблемы подпрессовки. Белопухов А.К. и др. – М.: Машиностроение, 1971, 168 с. 4. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. – М.: Машиностроение, 1987. 5. Лите под давлением. М.Б. Беккер, М.Л. Заславский, Ю.Ф. Игнатенко и др. – 3-е издание., пере раб. И доп. – М.: Машиностроение, 1990.-400 с.

Надійшла до редколегії 21.04.08